COMPATIBILIDADES E INTERACCIONES

Sección B2

Solubilidad de gases en salmueras de formiato

B2.1 Introducción 2

B2.2 Solubilidad del metano, CH_4 2

B2.3 Solubilidad del dióxido de carbono, CO_2 8

Referencias 10

El Manual técnico de formiatos se actualiza de manera continua.
Para verificar si existe una versión más reciente de esta sección, visite el sitio
www.salmuerasdeformiato.com/manual

CABOT
creating what matters
Specialty Fluids

AVISO Y DESCARGO DE RESPONSABILIDAD. Los datos y las conclusiones que figuran en este documento se basan en trabajos que se consideran confiables; sin embargo, CABOT no puede garantizar y no garantiza que otros obtengan resultados y/o conclusiones similares. Esta información se proporciona para su conveniencia y a fines meramente informativos. No se otorga garantía alguna, ya sea expresa o tácita, en lo relativo a esta información, o cualquier producto al que se refiera. CABOT NO SE HACE RESPONSABLE DE GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O TÁCITA, YA SEA DE COMERCIALIZACIÓN O IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR EN CUANTO A (i) LA INFORMACIÓN, (ii) CUALQUIER PRODUCTO O (iii) VIOLACIÓN DE PROPIEDAD INTELECTUAL. Por el presente documento, CABOT no se hace responsable ni acepta responsabilidad alguna, en ningún caso, en caso de daños de cualquier tipo en relación con el uso o la fiabilidad de esta información o de cualquier producto con el que se encuentre relacionada.

© 2007 Cabot Corporation, M. A. – EE. UU. Todos los derechos reservados. CABOT es una marca comercial registrada de Cabot Corporation.

B2.1 Introducción

La baja solubilidad de los gases de reservorio en el fluido de construcción de pozos es importante para cumplir con el objetivo del control del pozo. Los cambios en el volumen y la densidad como consecuencia del influjo de un gas pueden acarrear graves consecuencias. La solubilidad de los gases de reservorios típicos en las salmueras de formiato ha demostrado ser muy baja y significativamente menor que en el agua.

La Ley de Henry establece que la solubilidad de los gases en un líquido es proporcional a la presión parcial del gas en contacto con el líquido.

B2.2 Solubilidad del metano, CH_4

En base a la literatura, se sabe que la solubilidad del gas metano es mucho menor en fluidos de base acuosa que en fluidos de base oleosa y menor aún en salmueras que en agua.

La solubilidad del metano ha sido ensayada en una salmuera de formiato de cesio y potasio de 2.09 g.e./17.43 ppg (con tampón, mezcla estándar) en el Westport Technology Center International [1].

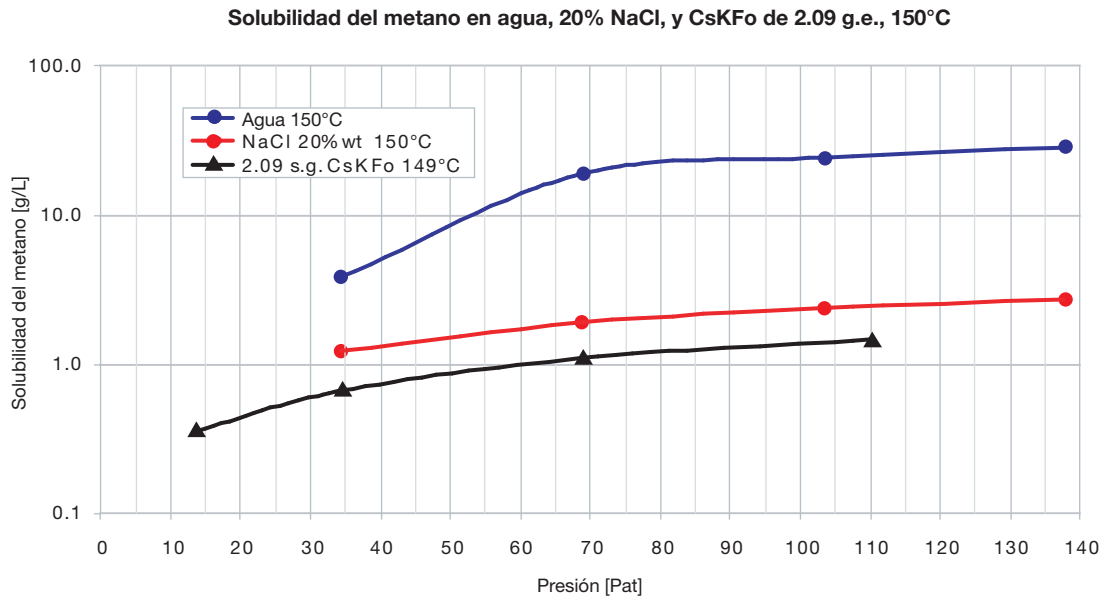
Los ensayos se llevaron a cabo con un comportamiento de la fase visual de las celdas en un valor nominal de 103 MPa/15,000 psia a 177°C/350°F. Se utilizó agua como fluido de presurización, separado por un pistón. Esto permitió que la celda se invirtiera completamente, lo que provocó una mezcla considerable entre las fases gaseosa y líquida. Esto es necesario para alcanzar el equilibrio en estos sistemas de baja solubilidad. El sistema tiene un pequeño volumen de muestra, lo que hace que el procedimiento sea más engorroso y demore más tiempo en sistemas de baja solubilidad. El procedimiento experimental requirió la carga de la celda con 50 ml de salmuera de formiato y una carga adicional de 10 ml de gas metano a alta presión. Luego, la celda fue sometida a temperatura y el contenido fue presurizado mediante la inyección de agua. El contenido de la celda se mezcló vigorosamente mediante la inversión de la celda. Este procedimiento se repitió hasta que la presión se mantuvo constante, lo que indicó que se había alcanzado la solubilidad de equilibrio. A presión constante, se drenó el exceso de gas del sistema y se recogió un volumen conocido de la fase líquida en un picnómetro metálico. La aplicación de una vaporización rápida de una sola etapa a la muestra de líquido en una bola de cristal de volumen pequeño utilizando los procedimientos de rutina dio como resultado la relación de gas-petróleo (GOR) informada.

La solubilidad del gas metano resultó similar e incluso ligeramente inferior a la que se produce en una salmuera de cloruro de sodio. La solubilidad del metano en agua, *NaCl* (20%), y en salmuera de formiato de cesio de 2.09 de g.e./17.43 ppg (2,088.57 kg/m³) se muestra en la figura 1.

El efecto de la presión y la temperatura sobre la solubilidad del metano en salmueras de formiato se muestra en las figuras 2 y 3. Como puede verse, la solubilidad aumenta con el aumento de la presión y de la temperatura. El aumento con la temperatura es muy inusual. En la mayoría de los disolventes, se conoce que la solubilidad del metano disminuye con la temperatura.

El efecto del metano solubilizado en la densidad del fluido es importante para el control del pozo. La densidad disminuye a medida que la solubilidad del gas metano aumenta. Esto es importante para el seguimiento de los cambios en la hidrostática del fluido durante la perforación. La figura 4 muestra cómo el metano disuelto influye en la densidad de la salmuera. Como se puede observar, el efecto del metano disuelto sobre la densidad del fluido es menor al 1% para la mayor parte del rango de presión y temperatura.

METRICO



CAMPO

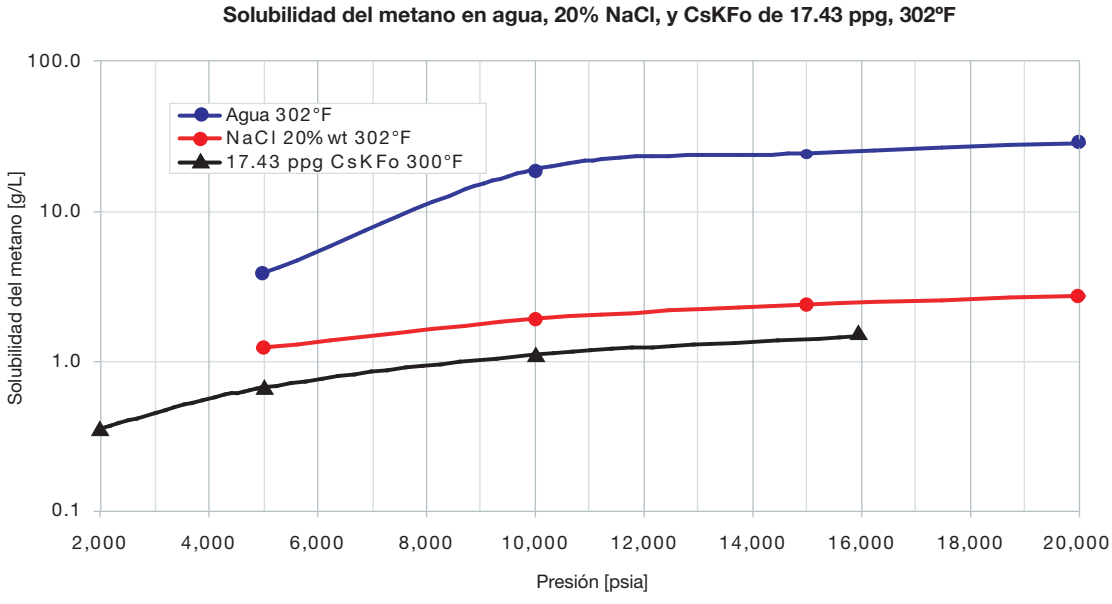
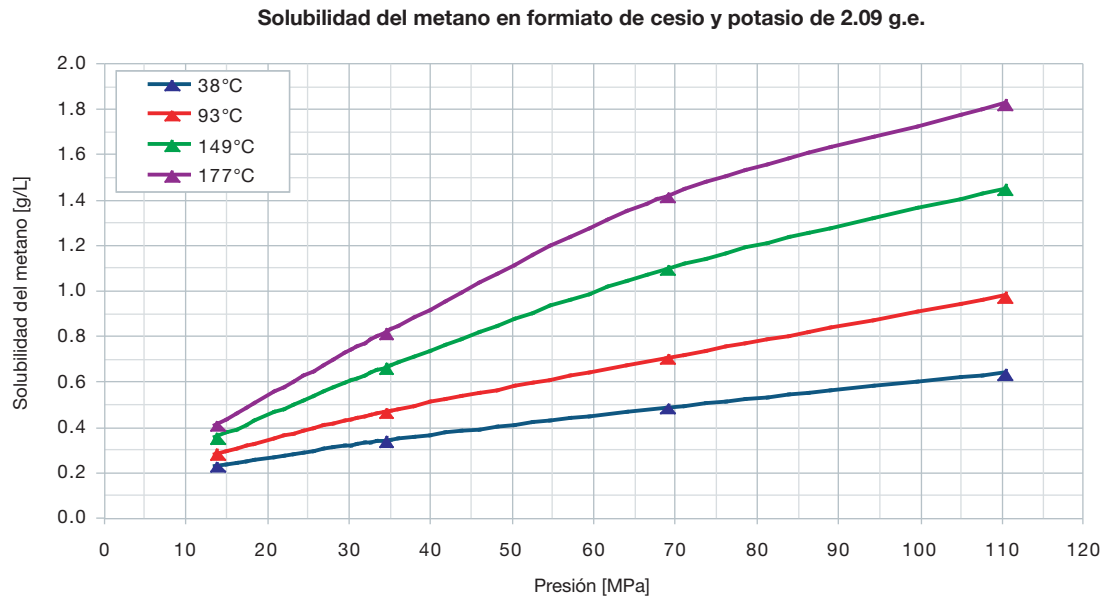


Figura 1 Solubilidad del metano en agua, *NaCl* (20%), y una salmuera de formiato de cesio y potasio con tampón (2.09 g.e./17.43 ppg).

METRICO



CAMPO

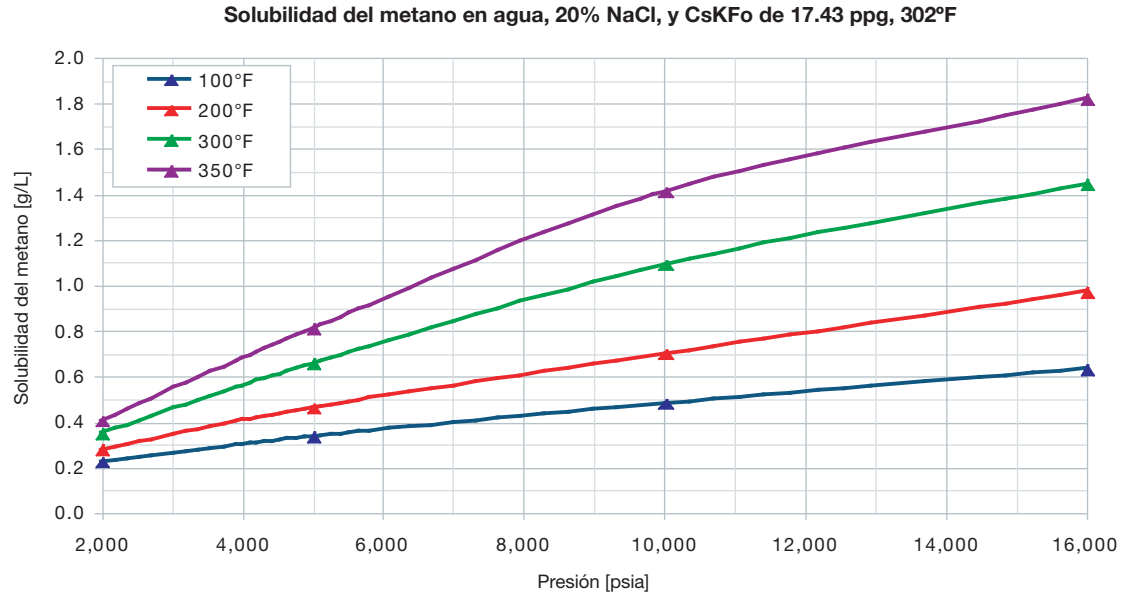
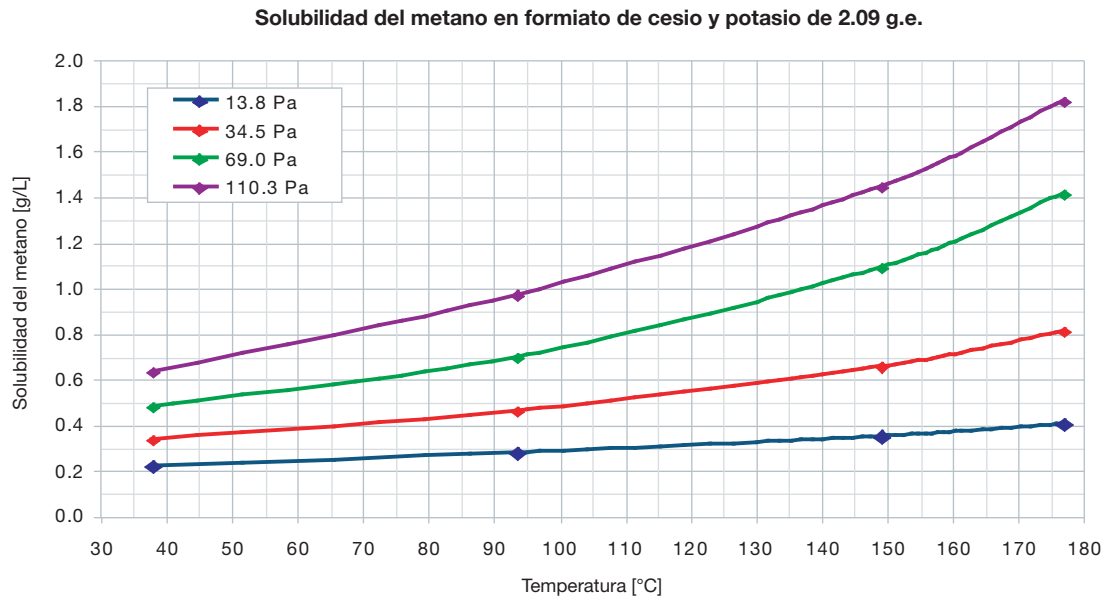


Figura 2 Efecto de la presión sobre la solubilidad del metano en una salmuera de formiato de cesio y potasio con tampón de 2.09 g.e./17.43 ppg.

METRICO



CAMPO

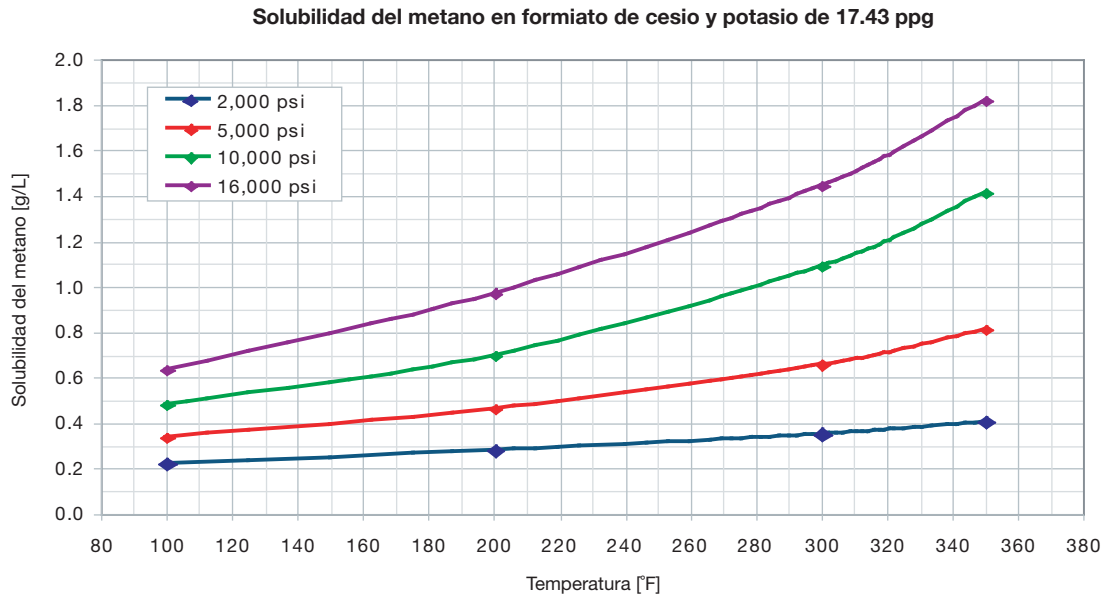
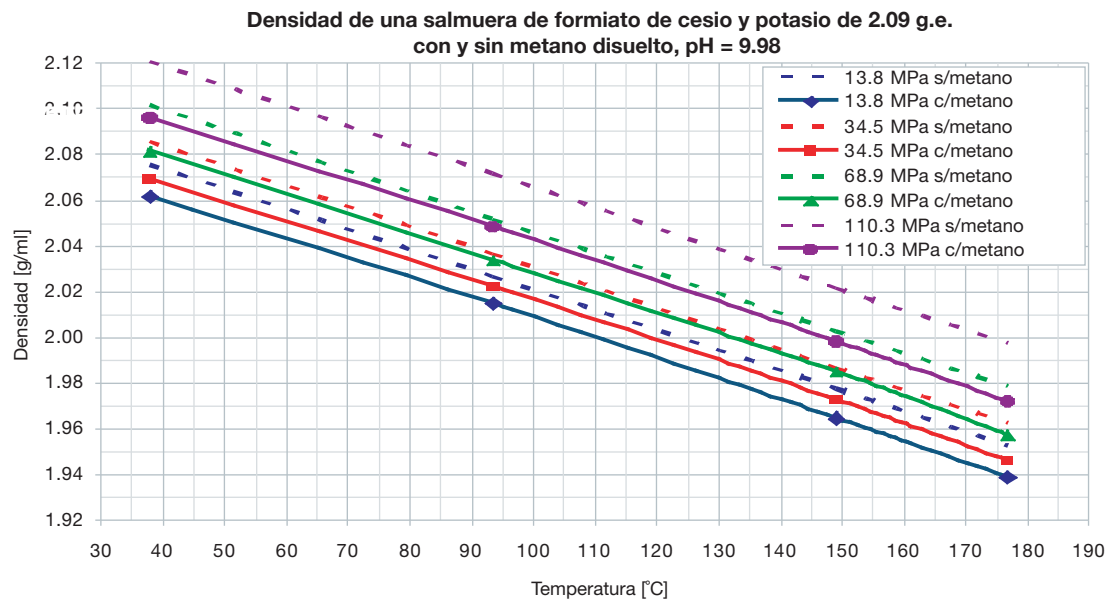


Figura 3 Efecto de la temperatura sobre la solubilidad del metano en una salmuera de formiato de cesio y potasio con tampón de 2.09 g.e./17.43 ppg.

METRICO


Densidad de una salmuera de formiato de cesio y potasio de 2.09 g.e.
con y sin metano disuelto, pH = 9.98
Densidad [g/ml]
Temperatura [°C]
13.8 MPa s/metano
13.8 MPa c/metano
34.5 MPa s/metano
34.5 MPa c/metano
68.9 MPa s/metano
68.9 MPa c/metano
110.3 MPa s/metano
110.3 MPa c/metano

CAMPO

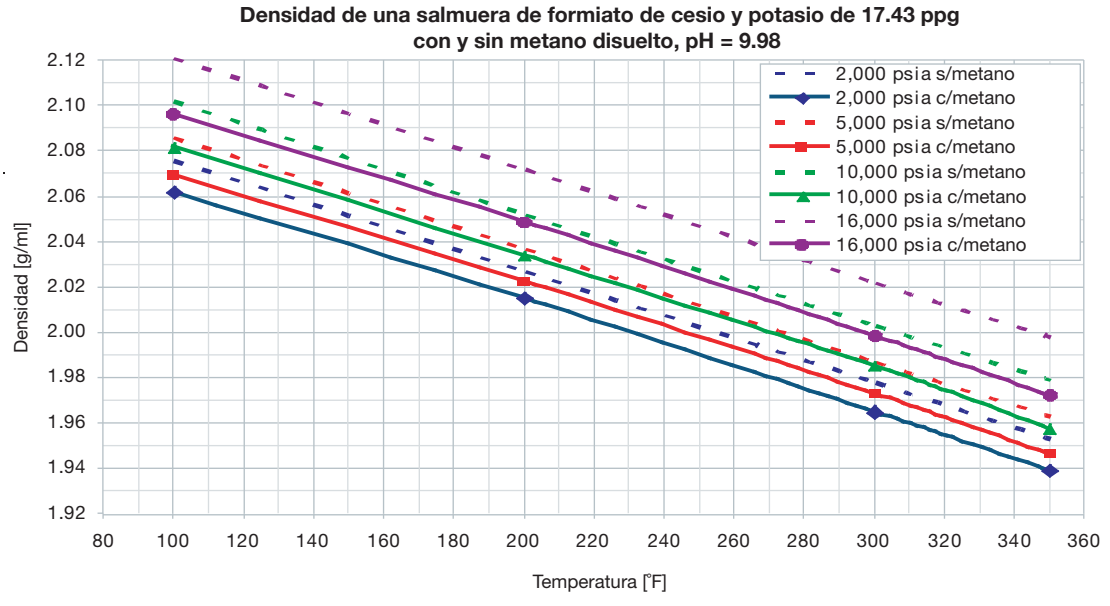
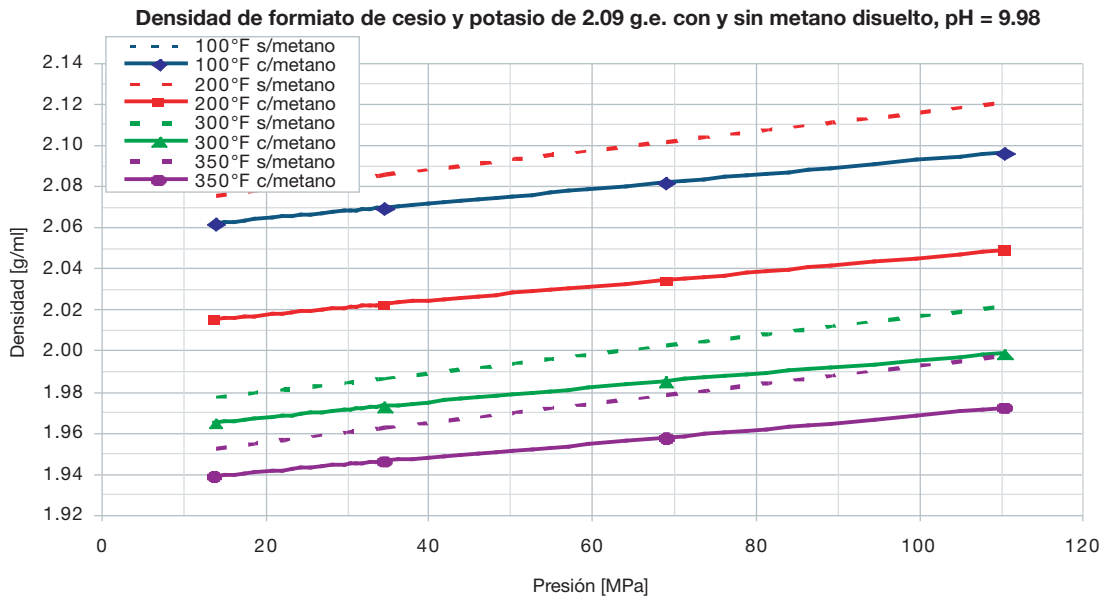

Densidad de una salmuera de formiato de cesio y potasio de 17.43 ppg
con y sin metano disuelto, pH = 9.98
Densidad [g/ml]
Temperatura [°F]
2,000 psia s/metano
2,000 psia c/metano
5,000 psia s/metano
5,000 psia c/metano
10,000 psia s/metano
10,000 psia c/metano
16,000 psia s/metano
16,000 psia c/metano

Figura 4 Efecto de la presión y del metano solubilizado sobre la densidad de una salmuera de formiato de cesio y potasio con tampón de 2.09 g.e./17.43 ppg.

METRICO



CAMPO

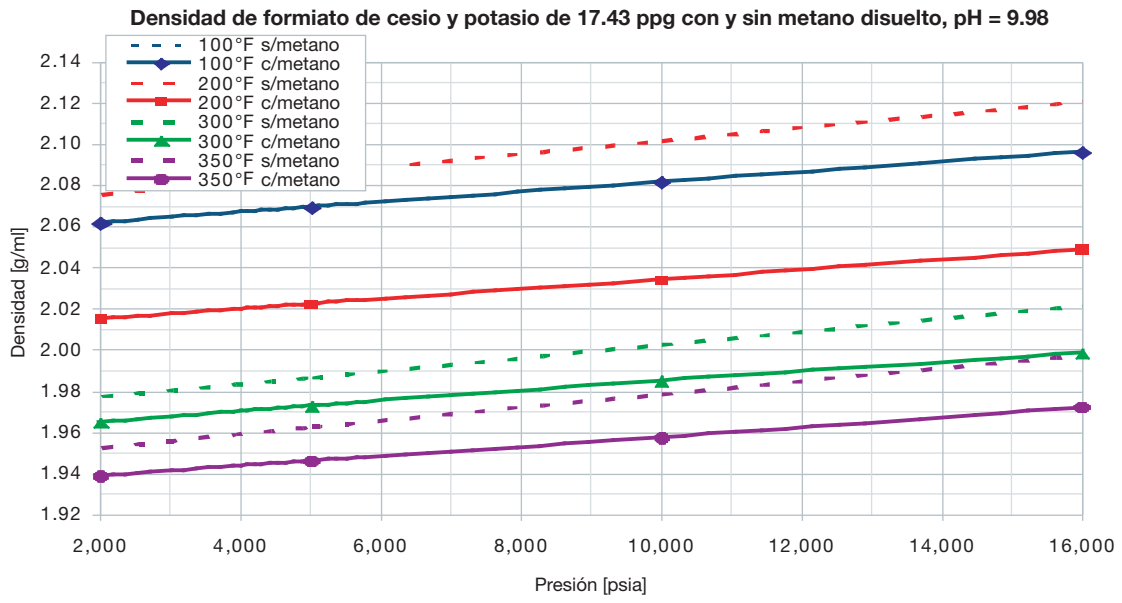


Figura 5 Efecto de la temperatura y del metano solubilizado sobre la densidad de una salmuera de formiato de cesio y potasio con tampón de 2.09 g.e./17.43 ppg.

B2.3 Solubilidad del dióxido de carbono, CO_2

La solubilidad del dióxido de carbono en las salmueras de formiato es también una función de la temperatura, de la presión y de la salinidad. Se sabe que la solubilidad del CO_2 en agua dulce aumenta con el aumento de la presión y con la disminución de la temperatura.

Cuando el dióxido de carbono se disuelve en un líquido de base acuosa, se produce la siguiente reacción:

$$CO_2(g) \longleftrightarrow CO_2(aq) \quad (1)$$

El CO_2 acuoso reaccionará luego con el agua para formar ácido carbónico (H_2CO_3):

$$CO_2(aq) + H_2O \longleftrightarrow H_2CO_3(aq) \quad (2)$$

El ácido carbónico se disociará en el agua para formar iones de carbonato y bicarbonato de acuerdo con el pH:

$$H_2CO_3(aq) + H_2O \longleftrightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq) \quad (3)$$

$$HCO_3^-(aq) + H_2O \longleftrightarrow H_3O^+(aq) + CO_3^{2-}(aq) \quad (4)$$

En una salmuera de formiato, la solubilidad del CO_2 es complicada por la presencia del tampón de carbonatos y bicarbonatos. Siempre y cuando haya carbonato (CO_3^{2-}) presente en la salmuera, el ácido carbónico que se forme reaccionará con el carbonato y formará bicarbonato de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$H_2CO_3(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow 2HCO_3^-(aq) \quad (5)$$

En primer lugar, cuando toda la concentración de carbonato se consuma, entonces el gas de dióxido de carbono comenzará a disolverse de acuerdo con las ecuaciones 3 y 4 anteriores.

La solubilidad del dióxido de carbono (CO_2) en una salmuera concentrada de formiato de cesio ha sido medida por Westport Technology Center International [2]. El ensayo se llevó a cabo a dos temperaturas (148.9°C/200°F y 176.7°C/350°F) en el rango de presión de 0.83 a 38 MPa/120 a 5415 psia.

Con el objetivo de no confundir la absorción de CO_2 deltampón de carbonatos con solubilidad, se ensayaron las salmueras sólo con la porción de bicarbonato del tampón agregado. El bicarbonato tampona la salmuera a un pH de 6.35 pero no interfiere con las reacciones de disolución de CO_2 (Ecuaciones 3 y 4).

Se utilizó para el ensayo una salmuera de formiato de cesio de 2.156 g.e./21.3 ppg con un pH de 7.98 (sin diluir). Se utilizaron las siguientes condiciones experimentales:

Tabla 1 Condiciones experimentales utilizadas para el ensayo de solubilidad de CO_2 en salmuera de formiato de cesio.

Solución	Temperatura		Rango de presión	
	[°C]	[°F]	[MPa]	[psia]
CsFo c/HCO_3^-	148.9	300	1.94 – 22.2	281 – 3,224
	176.7	350	11.96 – 37.36	1,734 – 5,415

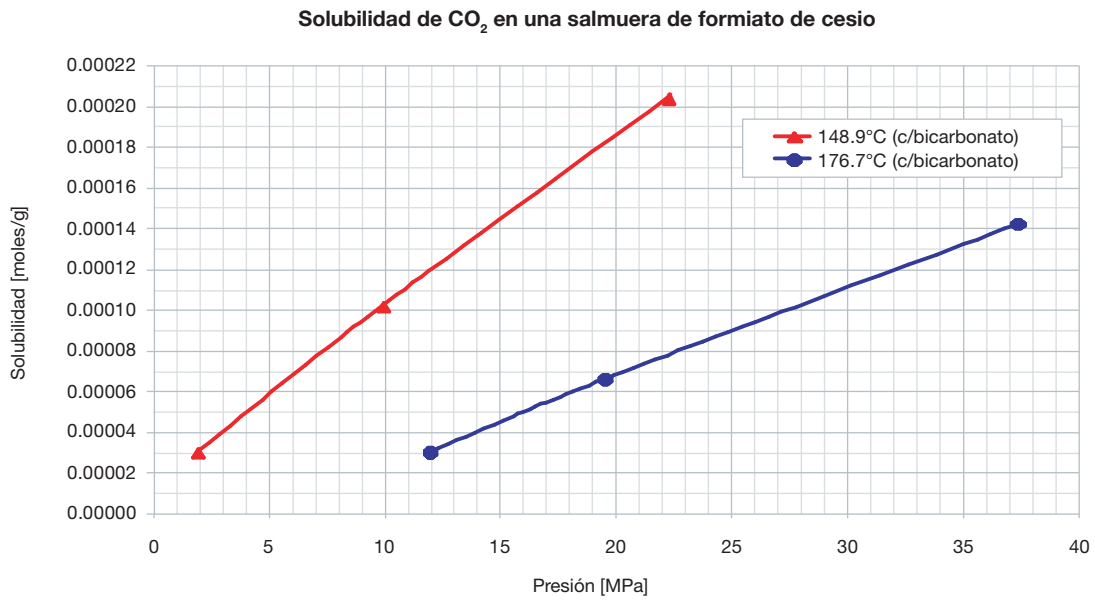
Los ensayos se llevaron a cabo de acuerdo con el siguiente procedimiento experimental: Se cargó un peso conocido de salmuera de formiato de cesio en un cilindro de alta presión y temperatura. Se agregó luego una cantidad conocida [moles] de dióxido de carbono al cilindro. La mezcla de formiato de cesio y CO_2 se equilibró en la temperatura objetivo y con alta presión. Luego, se realizó una expansión con composición constante (CCE) de la solución equilibrada de formiato de cesio y CO_2. En el ensayo de CCE, se midió el punto de burbujeo de la mezcla equilibrada. A la temperatura experimental y en el punto de burbujeo de la mezcla, se definió la solubilidad del CO_2 en salmuera de formiato de cesio.

La tabla 2 y la figura 6 muestran la solubilidad de CO_2 medida en la salmuera de formiato de cesio concentrada en función de la temperatura y de la presión.

Tabla 2 Solubilidad de CO_2 en una salmuera de formiato de cesio concentrada.

Solución	Temperatura		Presión		Solubilidad de CO_2 x 10^5
	[°C]	[°F]	[MPa]	[psia]	[moles/g]
Formiato de cesio con HCO_3^- 2.156 g/ml	148.9	300	1.937	281	3.0034
			9.908	1,437	10.1727
			22.23	3,224	20.3851
	176.7	350	11.96	1,734	2.9900
			19.53	2,832	6.5918
			37.34	5,415	14.1938

METRICO



CAMPO

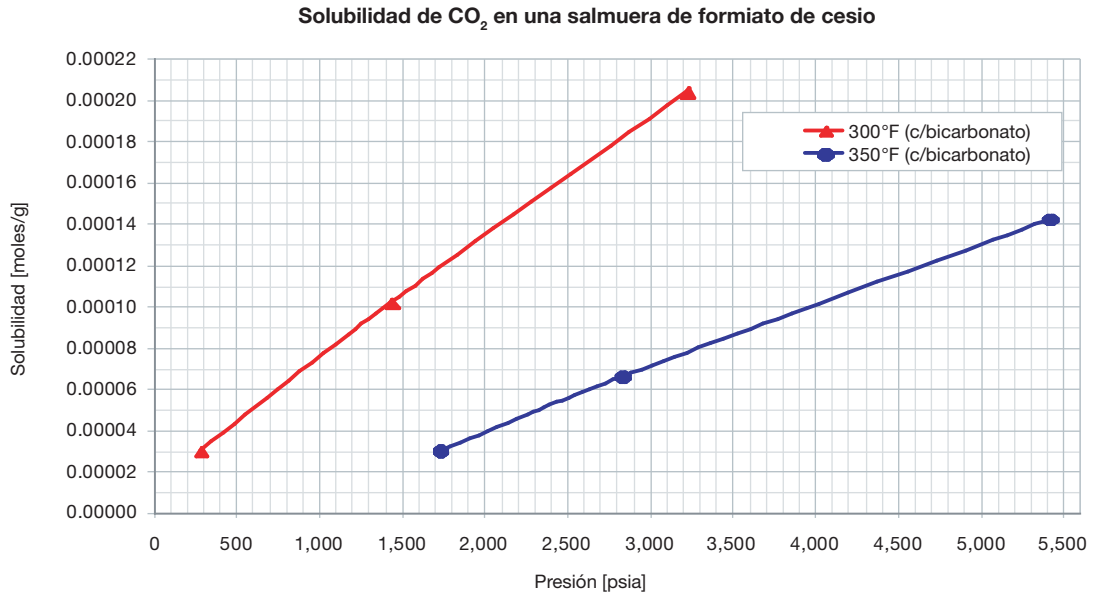


Figura 6 Solubilidad de CO_2 en salmueras de formiato de cesio concentradas.

Referencias

[1] “Methane Solubility in Cesium Potassium Formate Solution”, informe # R-04-166, Westport Technology Center International, abril de 2004.

[2] Informe de solubilidad de CO_2 en formiato de cesio para Cabot, Westport Technology Center International, informe R-03-141.